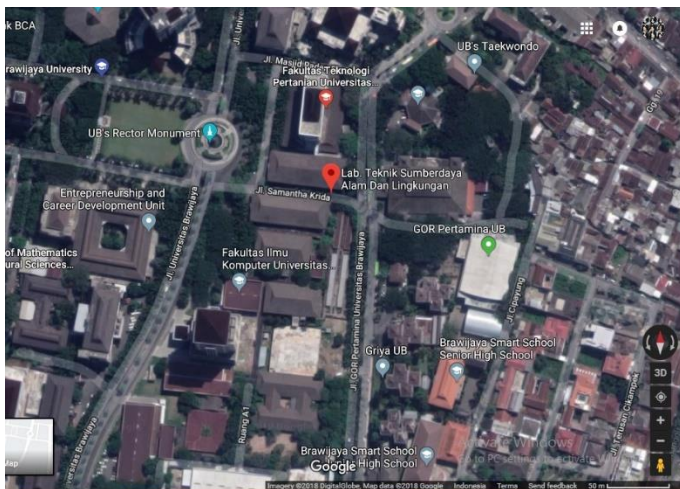


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

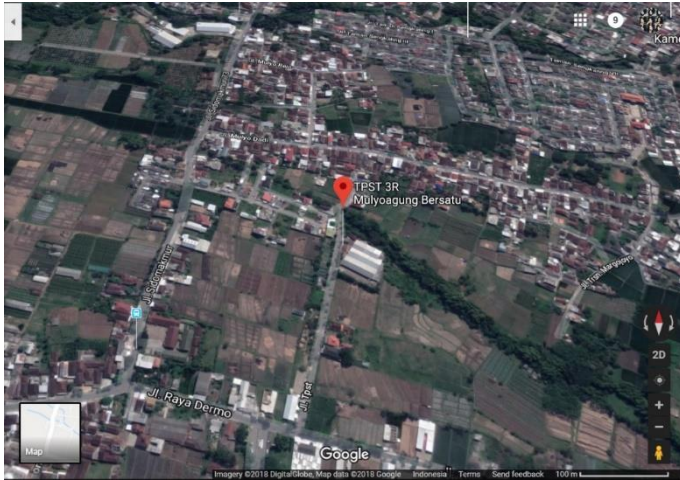
Penelitian dengan judul “Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP (*Polypropylene*) Menjadi Bahan Bakar Minyak Alternatif dengan Proses Pirolisis” dilaksanakan mulai bulan Oktober 2018 sampai dengan Desember 2018 yang bertempat di Laboratorium Teknik Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Universitas Brawijaya dengan titik koordinat $7^{\circ}57'11''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}36'55''$ Bujur Timur yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Laboratorium Teknik Sumberdaya Alam dan Lingkungan
(Sumber : www.google.co.id)

Sampel plastik jenis PP diambil di TPST 3R Mulyoagung Bersatu yang bertempat di Jl. Tpst, Jetak Lor, Mulyoagung, Dau, Malang, Jawa Timur. Titik koordinat tempat pengambilan sampel

adalah $7^{\circ}55'15,5''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}35'00.1''$ Bujur Timur yang ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3. 2 Peta Lokasi TPST 3R Mulyoagung Bersatu
(Sumber : www.google.co.id)

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian yang berjudul “Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP (*Polypropylene*) Menjadi Bahan Bakar Minyak Alternatif dengan Proses Pirolisis” adalah sebagai berikut :

3.2.1 Alat Penelitian

Tabel 3.1 menunjukkan alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini. Tabel memberikan informasi mengenai kegunaan dan karakteristik masing-masing alat yang digunakan.

Tabel 3. 1 Alat-alat penelitian

No.	Alat	Kegunaan	Karakteristik
1.	Reaktor Pirolisis	sebagai wadah sampel yang akan dipirolisis	<ul style="list-style-type: none"> • Berat reaktor: 13 kg • Tinggi reaktor: 44 cm • Diameter dalam reaktor: 32 cm • Diameter luar reaktor: 39 cm • Tebal plat reaktor: 2 mm • Tinggi tutup: 15.5 cm • Jenis Reaktor: <i>Batch</i>
2.	Kondensor/ pendingin	sebagai alat pendingin uap destilat yang melewati kondensor sehingga berubah menjadi wujud cair	<ul style="list-style-type: none"> • Bentuk : lurus • Panjang : 60 cm • Diameter : 29/32 mm • Diameter mulut ke luar : 2 cm • Diameter mulut dari dalam : 3.2 cm
3.	Termokopel	sebagai alat yang digunakan untuk mendeteksi suhu reaktor dan terhubung dengan termokontrol	Termokopel tipe-K
4.	Termokontrol	sebagai alat untuk mengamati suhu pada reaktor pirolisis	
5.	Gelas Ukur	sebagai wadah untuk menampung minyak yang diperoleh dari proses pirolisis	Kapasitas 1000 ml
6.	Tabung LPG	sebagai sumber energi pembakaran	Tabung LPG 12 kg
7.	Kompore	sebagai alat yang digunakan untuk	<ul style="list-style-type: none"> • Tipe : Miyako Hig • Pressure MH-388

No.	Alat	Kegunaan	Karakteristik
		pembakaran bersumber dari LPG	<ul style="list-style-type: none"> Konsumsi gas 21.8 kW/ Diameter : 31 cm
8.	Regulator Kompur High Pressure	Sebagai alat pengatur masuknya gas dari tabung lpg ke kompor	<ul style="list-style-type: none"> Tipe : HP Meter W.181. Kapasitas Aliran Gas : 0-6 kg/ Tekanan keluar : 0-2 kg/cm Tekanan masuk : 0.5-10 kg/cm²
9.	Manometer	Sebagai indikator yang menampilkan tekanan pada saat proses pirolisis berlangsung	
10.	Klem dan Statif	Sebagai penyanggah kondensor	
11.	Kalsiboard	Sebagai penahan panas pada kompor	Tebal : 6 mm
12.	Seal	Sebagai pengisi ruang antara tabung reaktor dengan penutup reaktor untuk mencegah terjadinya kebocoran panas	
13.	Selang air	Sebagai penyalur air pendingin ke kondensor	
14.	Aerator	Sebagai pendorong air pendingin ke kondensor	<ul style="list-style-type: none"> Merek : Yamano Air Pump AP-3000 Tenaga : 5W Voltase : 220/240 V Frekuensi : 50 Hz
15.	Gunting	sebagai alat bantu pencacah sampel plastik	

No.	Alat	Kegunaan	Karakteristik
16.	Timbangan Gantung Digital	sebagai pengukur massa sampel plastik	Newtech WH-A08, 50 kg
17.	<i>Trashbag</i>	sebagai wadah penyimpanan sampel plastik di lokasi pengambilan sampel	
18.	Masker	sebagai alat pelindung dari gas yang dihasilkan pada saat proses pirolisis berlangsung	Masker <i>Scorlines</i>
19.	<i>Gloves</i>	sebagai alat pelindung dari kotoran dan panas pada saat proses pirolisis berlangsung	Gloves Industri
20.	Stopwatch	untuk mengamati waktu terjadinya proses pirolisis berlangsung	
21.	Ember	Sebagai wadah air pendingin	
22.	Timbangan digital	Sebagai pengukur massa tabung reaktor	

3.2.2 Bahan Penelitian

Tabel 3.2 menunjukkan bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Tabel memberikan informasi mengenai kegunaan dan karakteristik masing-masing alat yang digunakan.

Tabel 3. 2 Bahan-bahan penelitian

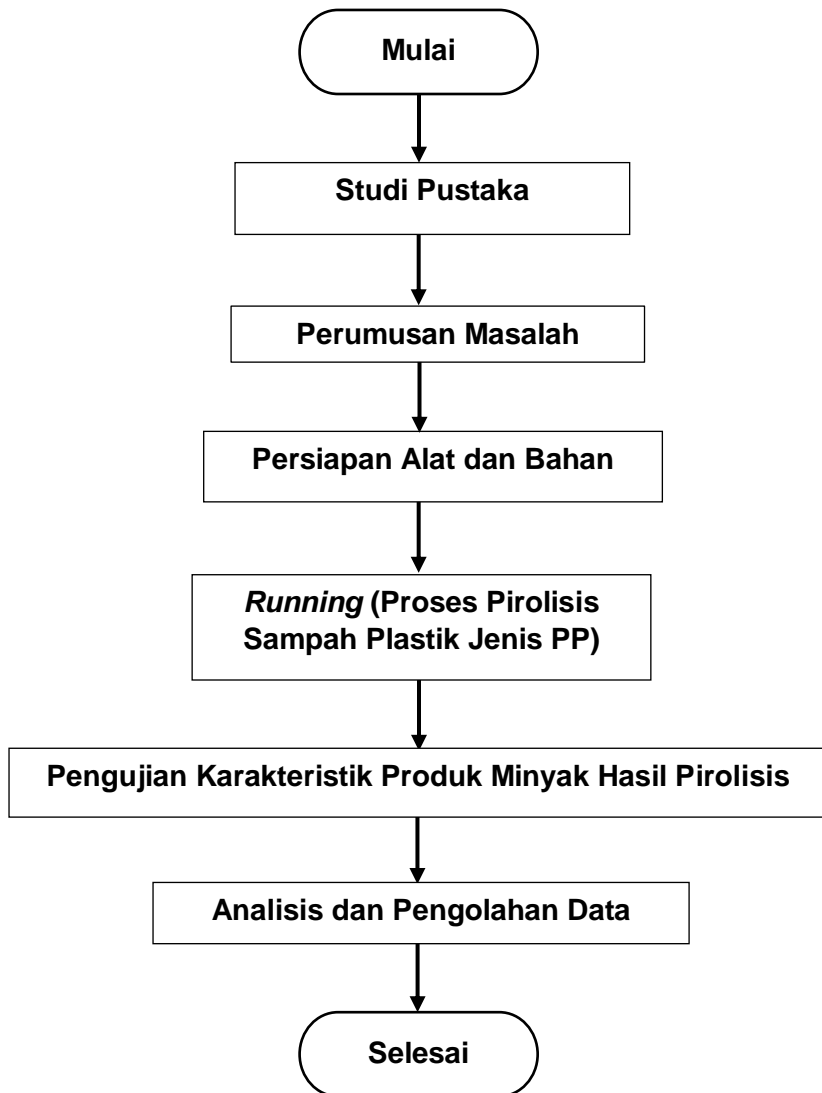
No.	Bahan	Kegunaan	Karakteristik
1.	Sampah Plastik Jenis PP (<i>Polypropylene</i>)	sebagai bahan perlakuan	sampah plastik yang berasal dari plastik bening pembungkus makanan, bungkus roti, dan bungkus mie instan. Sampel yang diambil seberat 1 kg per perlakuan suhu.
2.	Air	sebagai air pendingin yang mengalir di kondensor dan digunakan pada saat <i>pre-treatment</i> sampel sampah plastik	Air kran
3.	Lem Besi	sebagai perekat antara seal dan tutup reaktor	Merek Klebermann
4.	Lem TBA	Sebagai perekat sambungan pada rangkaian alat pirolisis	Merek CAB Panjang : 10 m
5.	Clay	Sebagai pencegah kebocoran pada sambungan rangkaian alat pirolisis danutupan reaktor	Merek DAS

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada pengolahan sampah plastik jenis PP dengan proses pirolisis adalah metode eksperimental dan analisis data menggunakan metode deskriptif. Menurut Jaedun (2011) penelitian eksperimen merupakan penelitian yang dilakukan secara sengaja oleh peneliti dengan cara memberikan *treatment*/perlakuan tertentu terhadap subyek penelitian guna membangkitkan sesuatu kejadian/keadaan yang akan diteliti bagaimana akibatnya. Metode eksperimental ini dilakukan secara bertahap dan berkesinambungan. Penelitian dimulai dengan persiapan alat dan bahan, proses pirolisis sampah plastik dengan berbagai variasi suhu menggunakan reaktor pirolisis sistem *batch*, dan pengujian karakteristik produk minyak hasil pirolisis. Data yang didapatkan dari hasil penelitian eksperimental pirolisis sampah plastik jenis PP dengan berbagai suhu kemudian disajikan ke dalam berbagai bentuk tabel dan grafik dan dianalisis menggunakan metode deskriptif. Menurut Linarwati *et al.* (2016) metode deskriptif adalah pencarian fakta dengan interpretasi yang tepat. Data hasil uji karakteristik produk minyak hasil pirolisis yang diuji adalah massa jenis, viskositas, nilai kalor, dan titik nyala. Data karakteristik ini akan dibandingkan dengan karakteristik bahan bakar minyak lainnya seperti kerosin, bensin, dan solar. Data karakteristik nilai kalor produk minyak hasil pirolisis akan digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan sehingga dapat mengetahui selisih energi yang dibutuhkan dan energi yang dihasilkan pada proses pirolisis.

1.4 Tahap Penelitian

Adapun tahapan kegiatan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.3** dalam bentuk diagram alir.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian

1.4.1 Studi Pustaka

Studi pustaka adalah penelitian yang dilakukan oleh peneliti dengan mengumpulkan sejumlah buku-buku, majalah, liflet, yang berkenaan dengan masalah dan tujuan penelitian (Danial *et al.*, 2009). Peneliti melakukan langkah awal penelitian dengan mencari informasi dan data teoritis yang berhubungan dengan proses pirolisis sampah plastik dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, dan lain sebagainya. Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Berikut merupakan berbagai jenis data yang akan dikumpulkan pada penelitian ini:

- a. Data primer : data suhu dan laju volume pada saat proses pirolisis berlangsung, data rendemen produk minyak hasil proses pirolisis, data karakteristik produk minyak hasil proses pirolisis, dan data kebutuhan serta selisih energi proses pirolisis.
- b. Data sekunder : data sifat termal plastik dan data karakteristik pada bahan bakar minyak komersial

Informasi dan data dari berbagai sumber ini digunakan untuk memahami, mempelajari, menelaah dan membandingkan berbagai jenis pengolahan sampah plastik secara pirolisis. Studi pustaka yang dilakukan penulis dijadikan pedoman untuk melaksanakan penelitian mengenai proses pengolahan sampah plastik jenis PP menggunakan reaktor *batch*.

1.4.2 Perumusan Masalah

Hasil yang didapatkan dari studi pustaka berupa informasi dan data teoritis dijadikan bahan pertimbangan dalam menentukan masalah yang akan dikaji. Beberapa masalah yang

diperoleh dari studi pustaka meliputi, isu pencemaran plastik di lautan, data statistik Indonesia sebagai negara penyumbang sampah plastik ke laut paling besar kedua setelah Cina, penggunaan produk plastik karena sifat dan karakteristiknya yang murah dan kuat, proses pengolahan sampah plastik dengan pirolisis suhu rendah sehingga kurang maksimal dalam menghasilkan produk minyak, serta potensi pengembangan pengolahan sampah plastik jenis PP menjadi bahan bakar minyak setara kerosin, bensin dan solar. Semua masalah tersebut melatarbelakangi penelitian mengenai pengolahan sampah plastik dengan proses pirolisis.

1.4.3 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan terdiri dari dua tahap, yaitu persiapan alat dan persiapan bahan. Tahap persiapan alat meliputi, perangkaian komponen-komponen reaktor pirolisis beserta pencetakan dan perekatan *seal* pada tabung reaktor. Tahap persiapan bahan meliputi *pre-treatment* sampel plastik jenis PP dan proses pendidihan air

a. Persiapan Alat

Persiapan alat meliputi perangkaian komponen-komponen reaktor pirolisis beserta pencetakan dan perekatan *seal* pada tabung reaktor. Reaktor pirolisis yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor jenis *batch* tanpa katalis. **Lampiran 1** menampilkan skema rangkaian reaktor pirolisis. Komponen-komponen reaktor pirolisis terdiri dari tabung reaktor (terbuat dari *stainless steel*), kondensor, penyangga kondensor, *termocouple*, termokontrol, kompor *high pressure*, LPG, aerator, dan gelas ukur. *Seal* atau sisipan diantara mulut tabung reaktor dan penutup reaktor dicetak berbentuk lingkaran mengikuti bentuk mulut tabung reaktor, kemudian direkatkan menggunakan lem besi. *Seal* ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kebocoran panas pada saat proses pirolisis berlangsung. Sambungkan ujung pipa pada tutup reaktor dengan kondensor. Kemudian alirkan air dingin ke kondensor untuk mengkondensasikan gas. Setelah semua komponen dirangkai dengan baik, pada sekeliling reaktor ditutupi dengan *kalsiboard* untuk menahan panas yang

bersumber dari kompor dan meminimalisir kehilangan panas saat proses pirolisis berlangsung. Rangkaian alat yang sudah selesai disiapkan kemudian dimasukkan sampel plastik jenis PP. Setelah sampel plastik jenis PP dimasukkan ke dalam reaktor dan ditutup, tempelkan *clay* disekitar tutup tabung reaktor sebagai *double protection* dalam mencegah kebocoran panas karena perlakuan suhu tinggi pada saat proses pirolisis berlangsung. **Gambar 3.4** menampilkan rangkaian reaktor pirolisis.



Gambar 3. 4 Rangkaian Reaktor Pirolisis

b. Persiapan Bahan

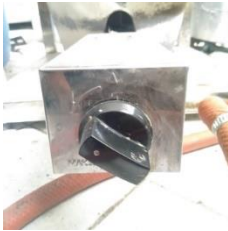
Sampel plastik jenis PP yang diambil dari TPST 3R Mulyoagung Bersatu sebanyak 9 kg. Sampel plastik diberikan proses *pre-treatment*. Sampah plastik dicuci bersih menggunakan air untuk menghilangkan faktor pengganggu yang akan terjadi pada saat proses pirolisis berlangsung. Sampah plastik kemudian dijemur sampai benar-benar kering untuk menghilangkan kadar air yang terdapat dalam sampel plastik. **Gambar 3.5** menunjukkan sampel plastik yang telah kering, kemudian dicacah kecil-kecil menggunakan gunting dan

ditimbang menggunakan timbangan gantung digital masing-masing 1 kg setiap perlakuan (total 9 perlakuan).



Gambar 3. 5 Cacahan Plastik

Pada tahap persiapan bahan juga dilakukan proses pendidihan 1 liter air. Hal ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan data kebutuhan energi yang dibutuhkan kompor untuk melakukan proses pirolisis. Selanjutnya dihitung waktu yang dibutuhkan untuk kompor mendidihkan air sampai dengan suhu 100°C (titik didih air). Proses pendidihan air dilakukan sebanyak 3x masing-masing dengan jenis laju pemanasan yang berbeda. Hal ini diindikasikan dari putaran *knob* kompor yang berbeda-beda yang ditunjukkan pada **Gambar 3.6**. Putaran knob dibagi menjadi 3, yakni minimum, medium, dan maksimum. Tujuan dari pembagian putaran *knob* ini adalah untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan oleh masing-masing suhu perlakuan dalam melakukan proses pemanasan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. 6 Putaran Knob Kompur

(a) Putaran minimum ; (b) Putaran medium ; (c) Putaran maksimum

1.4.4 *Running* (Proses Pirolisis)

Sampel plastik jenis PP yang telah dipersiapkan sebelumnya dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis untuk dilakukan proses pembakaran dengan kondisi tanpa oksigen atau minim oksigen (pirolisis). Proses penelitian ini berfokus pada pengamatan suhu 300°C, 350°C, dan 400°C terhadap laju volume produk minyak hasil proses pirolisis setiap pengamatan waktu dan energi yang dibutuhkan dalam menghasilkan produk minyak. Pada masing-masing pengamatan suhu dilakukan 3x pengulangan agar data yang dihasilkan terjamin validitasnya. Apabila suhu pengamatan yang diinginkan telah tercapai, suhu dipertahankan konstan dan ditunggu sampai sampel plastik jenis PP di dalam reaktor habis terbakar. Berikut merupakan tahapan selama *running* berlangsung:

1. Memasang alat pirolisis
2. Memasukkan sampel sampah plastik jenis PP sebanyak 1 kg ke dalam tabung reaktor

3. Menghidupkan kompor gas dengan putaran *knob* minimum pada suhu 300°C, putaran medium pada suhu 350°C, dan putaran maksimum pada suhu 400°C
4. Suhu dipertahankan konstan dengan cara memperbesar dan memperkecil api pada kompor *high pressure*
5. Mencatat suhu dan volume minyak yang dihasilkan setiap 5 menit sampai pada waktu tak hingga (indikasi : produk minyak berhenti menetes)
6. Melakukan pengulangan sebanyak 3x pada masing-masing perlakuan suhu

Eksperimen dilakukan di luar Laboratorium Teknik Sumberdaya Alam dan Lingkungan menyebabkan beberapa faktor lingkungan patut dipertimbangkan. Faktor lingkungan seperti kecepatan angin, arah angin, dan waktu penelitian menyebabkan peneliti harus memberikan batas toleransi apabila suhu reaktor melebihi batas suhu yang telah ditetapkan. Peneliti memberikan batas toleransi sebesar 10°C.

1.4.5 Pengujian Karakteristik Minyak Pirolisis

Akuan, Instruksi kerja pengujian setiap karakteristik dapat dilihat pada **Lampiran 2a**, **Lampiran 2b**, **Lampiran 2c**, dan **Lampiran 2d**.

1.4.6 Analisis dan Pengolahan Data

Data primer dan sekunder yang telah terkumpul akan diolah dan dianalisis sehingga dapat menjawab tujuan dari penelitian dan memberi kesimpulan yang tepat. Analisa data dan perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Analisis pengaruh suhu terhadap laju volume dan waktu pada saat proses pirolisis berlangsung. Dilihat laju volume maksimum, waktu pada saat mencapai laju volume optimum, dan waktu berakhirnya proses pirolisis. Data yang dicatat pada saat proses pirolisis berlangsung adalah suhu dan besar volume produk minyak yang dihasilkan setiap 5 menit. Data tersebut dimasukkan ke dalam tabel pengamatan. Kemudian, pada tabel pengamatan ditambahkan data selisih volume

setiap satuan waktu (ΔV) dan laju volume (qV). Laju volume dihitung menggunakan **Persamaan 3. 1** sebagai berikut :

$$qV = \frac{\Delta V}{t} \dots\dots\dots(3-1)$$

Keterangan :

qV = laju volume tiap satuan waktu (ml/menit)

ΔV = selisih volume setiap satuan waktu (ml)

t = waktu pengamatan (menit)

2. Analisis dan perhitungan rendemen minyak hasil pirolisis pada masing-masing perlakuan suhu. Dilihat persentase rendemen yang paling tinggi. Nilai densitas hasil uji karakteristik produk minyak hasil pirolisis dipakai untuk menghitung presentase rendemen minyak yang didapatkan dari proses pirolisis. Nilai rendemen dihitung menggunakan **Persamaan 3. 2** sebagai berikut:

$$Rendemen = \frac{\text{massa minyak (gr)}}{\text{massa sampel plastik (gr)}} \times 100\% \dots\dots\dots(3-2)$$

3. Analisis perbandingan karakteristik produk minyak hasil pirolisis perlakuan suhu 300 °C, 350 °C, dan 400 °C dengan karakteristik bahan bakar komersial. Karakteristik yang dibandingkan adalah nilai kalor, massa jenis, viskositas, dan titik nyala. Dilihat karakteristik minyak dengan perlakuan suhu mana yang paling berpotensi mendekati karakteristik bahan bakar minyak komersial.
4. Perhitungan kebutuhan energi (energi pirolisis) Perhitungan kebutuhan energi pirolisis terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama adalah menghitung energi kompor total yang dinyatakan dalam bentuk kalor. Perhitungan energi kompor dilakukan dengan percobaan pendidihan air dengan asumsi bahwa kalor yang digunakan dalam proses pirolisis sama dengan kalor yang digunakan dalam proses pendidihan air. Variabel pengamatan dalam proses pendidihan air adalah waktu kumulatif sampai air mendidih. Kalor yang diperlukan atau dilepaskan suatu zat dapat dirumuskan pada **Persamaan 3. 3** sebagai berikut

$$Q = m \times c \times \Delta t \dots\dots\dots(3-3)$$

Keterangan :

Q = banyaknya kalor yang diperlukan/dilepaskan (KJ)

m = massa zat (gr)

c = kalor jenis zat (KJ/gr°C)

Δt = perubahan suhu (°C)

Tahap selanjutnya adalah membagi energi total kompor dengan variabel pengamatan waktu kumulatif proses pendidihan air pada masing-masing perlakuan suhu. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui energi pirolisis per menitnya yang dinyatakan dalam satuan KJ/menit.

5. Perhitungan energi minyak yang dihasilkan. Energi minyak dinyatakan dalam bentuk kalori minyak. Nilai massa jenis dan nilai kalor mempengaruhi perhitungan kalori minyak. Nilai kalori minyak dapat dihitung menggunakan **Persamaan 3. 4** sebagai berikut :

$$Kalori\ minyak \left(\frac{kal}{ml} \right) = nilai\ kalor \left(\frac{kal}{gr} \right) \times densitas \left(\frac{gr}{ml} \right) \dots\dots(3-4)$$

Nilai kalor minyak ini nantinya akan dikonversi ke dalam satuan kilojoule , dimana 1 kal = 4.2 Joule

6. Analisis dan perhitungan selisih energi output dan input untuk menentukan waktu optimal proses pirolisis. Waktu optimal ditentukan dari selisih energi output dan input terbesar pada tiap pengamatan waktu pirolisis di berbagai perlakuan suhu. Selisih energi dihitung menggunakan **Persamaan 3. 5** berikut:

$$Selisih\ energi\ (KJ) = E_{out}\ (KJ) - E_{in}(KJ) \dots\dots\dots(3-5)$$

Keterangan :

E_{out} = Energi Minyak

E_{in} = Energi Pirolisis

7. Analisis dan perhitungan sebaran energi pirolisis, sebaran penghasilan energi minyak, dan efektivitas energi selama proses pirolisis berlangsung. Pada sebaran energi pirolisis dan energi minyak, dilihat perlakuan suhu yang paling optimal. Efektivitas energi adalah persentase energi sampel plastik yang dapat dikonversi menjadi energi minyak. **Persamaan 3.6** berikut menunjukkan perhitungan efektivitas energi

$$EE = \frac{E_{ot} - E_{int}}{E_p - E_s} \times 100\% \dots\dots\dots (3-6)$$

Keterangan :

EE = Persentase Efektivitas Energi

Eot = Energi Minyak Kumulatif

Eint = Energi Pirolisis Kumulatif

Ep = Energi Plastik Total (energi minyak pada waktu optimal)

Es = Energi Pirolisis Total (energi pirolisis pada waktu optimal)

8. Penyajian data berupa tabel dan grafik serta deskripsi berupa kalimat